

Nahrungswertermittlung von Futtermittelrohproteinen

ERWALD WOLPERT

Aus dem Institut für Physiologie und Ernährung der Tiere
der Universität München

Vorstand: Professor Dr. Dr. Johannes Brüggemann

Nahrungswertermittlung von Futtermittelrohproteinen

Untersuchungen über den Einfluß von Aureomycin auf den Stickstoffansatz
und die Wertigkeit des Futterrohproteins bei wachsenden Ratten

*Inaugural-Dissertation zur Erlangung der
veterinärmedizinischen Doktorwürde der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München*

von

ERWALD WOLPERT

aus Würzburg

München 1958



*Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München*

Dekan: Professor Dr. K. Zipf

Referent: Professor Dr. Dr. J. Brüggemann

Tag der Promotion: 26. Februar 1958

Druck: Graphische Anstalt Bonitas-Bauer Würzburg



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Inhaltsübersicht

A. Einleitung und Problemstellung	7
B. Eigene Versuche	12
I. Allgemeine Versuchstechnik	12
1. Tiermaterial	12
2. Käfige und Futtergeräte	12
a) Bilanzkäfige	12
b) Eimerkäfige	13
c) Wasserbehälter	13
3. Milieu	13
4. Töten der Tiere	13
5. Sammeln der Exkremente, N-Bestimmungen in den Ausscheidungen, dem Futter und den Ratten	13
a) Harn	13
b) Kot	13
c) Ratten	13
6. Die Versuchsdiät	14
a) Bestandteile	14
b) Quantum	14
c) Mineralien und Vitamine	14
d) Konsistenz der Nahrung	14
e) Antibioticumzusatz	14
II. Versuche zum Ausschluß von Fehlerquellen	15
A. Trocknung	15
B. Entweichen von N als NH_3	15
III. Hauptversuch	16
A. Vorbereitende Versuchsperiode	17
1. Milieugewöhnung	17
2. Einstellung auf proteinarmes Futter	12
3. Auswahl der Tiere	17
4. Bilanzversuche zur Bestimmung der N-Ausscheidung bei proteinarmer Kost	17
5. Zwischenperiode zur Umstellung der Bilanztiere auf proteinreiche Kost	17
B. Hauptversuch	17
C. Ergebnisse	19
D. Diskussion	23
E. Zusammenfassung	25
Literaturverzeichnis	26
Lebenslauf	28

A. Einleitung und Problemstellung

Untersuchungen von Stotz (1, 2, 3, 4), Drepper (5) und Nehring (6) haben in neuerer Zeit abermals das Problem aufgeworfen, ob die durch N-Bilanzen an wachsenden Ratten ermittelten N-Retentionen mit den im Rattenkörper durch direkte Stickstoff-Analyse festgestellten Werten übereinstimmen.

Diese Fragestellung ergab sich, als der Versuch unternommen wurde, festzustellen, ob die durch die neueren Untersuchungsmethoden von Bender und Miller (7, 8, 9) ermittelbaren Wertbeurteilungsergebnisse für Nahrungsrohproteine übereinstimmen mit den Resultaten aus den bisher verwendeten Verfahren nach Thomas (10) und Mitchell (11). Bender und Miller (l. c.) stellten nämlich fest, daß durch Umrechnung aus der Formel, die von Mitchell (l. c.) für die Ermittlung der Biologischen Wertigkeit (B. W.) mit Hilfe von N-Bilanzen angegeben wurde, eine Gleichung entwickelt werden kann, die es gestattet, auf Grund von Körper-N-Analysen zum gleichen Ergebnis (multipliziert mit der wahren Verdaulichkeit [W. V.]) zu gelangen. Bender und Miller (l. c.) bezeichnen diesen Wert als Net Protein Utilization (N. P. U.). Es ist dies ein Ausdruck, der sich nicht, wie die B. W., auf den resorbierten N-Anteil des Nahrungs-N bezieht, sondern auf den gesamten aufgenommenen N. Die N. P. U. hat damit für die Praxis der Fütterung eine höhere Bedeutung, weil sie die Verdaulichkeit (Resorption) mit einbezieht.

$$B. W. = \frac{\text{NahrungsN} - (\text{KotN} - \text{DarmverlustN}) - (\text{HarnN} - \text{Endogener HarnN})}{\text{NahrungsN} - (\text{KotN} - \text{DarmverlustN})} \times 100$$

$$W. V. = \frac{\text{NahrungsN} - (\text{KotN} - \text{DarmverlustN})}{\text{NahrungsN}}$$

$$N. P. U. = \text{Biologische Wertigkeit} \times \text{wahre Verdaulichkeit} = \frac{B_f - B_k + I_k}{I_f}$$

B_f = Körper-N-Zunahme während der Verfütterung einer Proteinkost

B_k = Körper-N-Zunahme während der Verfütterung einer proteinarmen Kost

I_f bzw. I_k = N-Aufnahme mit der Proteinkost (8 % Rohprotein)
bzw. proteinarmen Kost (4,5% Rohprotein)

Nun kamen Bender und Miller (7) zu der Ansicht, daß die Körper-N-Analyse durch eine Wasserbestimmung ersetzt werden kann. Entsprechend den von Bender und Miller (l. c.) gemachten Angaben wurde im hiesigen Institut die Formel:

$$\text{Gesamt-Körper-N in g} = \frac{2,176 + 0,035 \cdot \text{Alter in Tagen} \cdot \text{H}_2\text{O in g}}{100}$$

gefunden. Nach Drepper (12) wurde festgestellt, daß für die hier in Frage kommenden Gewichtsabschnitte der Ratten gleich gute Resultate für die Berechnung des Gesamt-Körper-N erhalten werden, wenn das Alter der Tiere nicht in die Formel einbezogen wird. Die entsprechende Gleichung ist:

$$\text{Gesamt-Körper-N in g} = \text{H}_2\text{O in g} \cdot 0,0395$$

In den eigenen Untersuchungen wurde gefunden, daß bei Verwendung einer etwas anderen Trocknungsart der Tiere und Bestimmung des Stickstoffgehaltes in der Trockensubstanz die Formel lauten muß:

$$\text{Gesamt-Körper-N in g} = \text{H}_2\text{O in g} \cdot 0,0356.$$

Diese Formel wurde zur Berechnung der N. P. U. nach Bender und Miller (7) mit Hilfe des N/H₂O-Verhältnisses angewendet.

Der Vorteil der Methode von Bender und Miller (l. c.) liegt darin, daß auf die Durchführung einer Vorperiode zur Ermittlung des Darmverlust-N (D. V. N.) und des Endogenen Harn-N (E. H. N.), zwei in ihrer Aussageberechtigung nach den Ergebnissen von Osborne und Mendel (13) und Schönheimer et al. (14) durchaus umstrittene Größen, verzichtet werden kann. Auch entfällt die umständliche, häufig mit Fehlern verbundene quantitative Erfassung von Harn und Kot während der Untersuchung, wie sie nach dem Verfahren von Mitchell (l. c.) erforderlich ist.

Zur Ermittlung der N. P. U. mit Hilfe der Körper-N-Analyse wird eine Gruppe von Ratten (10 Tiere) mit einer Diät, die das zu prüfende Rohprotein in einer Konzentration von 9% enthält, 14 Tage unter Kontrolle der Futteraufnahme in Einzelkäfigen gefüttert. Eine zweite Gruppe erhält das gleiche Futter, dem aber statt des zu prüfenden Rohproteins 4,5% Vollei-Rohprotein zugegeben wurde. Die Höhe der Rohproteingaben im Hauptversuch muß so bemessen werden (bei richtiger Relation zu allen anderen in optimaler Menge vorhandenen Futterinhaltsstoffen), daß sie unterhalb des maximalen Ansatzvermögens liegt. Außerdem ist ein geringer Rohproteinanteil in den Standarddiäten notwendig, damit die Biologische Wertigkeit auch in solchen Futtermitteln bestimmt werden kann, die einen geringen Rohproteinanteil haben. Nach den Angaben von Drepper (12) wurde in den eigenen Versuchen eine Rohproteinkonzentration von 9% gewählt.

Die Fütterung einer Gruppe von Ratten während des Versuches mit einer proteinarmen Kost (4,5% Volleirohprotein) dient zur Feststellung der N-Aufnahme im Zustande der „Erhaltung“. Die Konzentration von 4,5% Volleirohprotein im Futter ist so gewählt, daß gerade die N-Ausscheidung ersetzt wird, aber durchschnittlich kein N-Ansatz erfolgt.

Zur Feststellung des N-Gehaltes in den Versuchstieren zu Beginn des Versuches werden 10 weitere Tiere, die bis zu diesem Zeitpunkt ganz gleich aufgezogen wurden, getötet, gewogen, der N-Gehalt in ihnen nach der Kjeldahlmethode ermittelt und auf 100 g bezogen. Durch Analogieschluß wird der N-Gehalt der einzelnen Versuchstiere aus ihrem Gewicht berechnet. Am Ende des Versuches werden die restlichen Ratten getötet und in ihnen der N-Gehalt durch Kjeldahl bestimmt. Die Differenz der N-Werte wird als die durch Körper-N-Analyse festgestellte N-Retention bezeichnet.

Die Methode von Bender und Miller (l. c.) trennt also, genau wie die N-Bilanzmethode von Mitchell (l. c.) (D. V. N., E. H. N.) den „Erhaltungsstoffwechsel“ vom „Leistungsstoffwechsel“. Nach den schon zitierten Arbeiten von Osborne und Mendel (l. c.) und Schönheimer et al. (l. c.) scheint die Berechtigung zu einem solchen Vorgehen jedoch nicht gegeben zu sein. Die Vorstellungen von Rubner (15) und Folin (16) nämlich, daß kein Austausch zwischen den Bestandteilen des Zellabbaus und den Aminosäuren der Nahrung stattfinden kann, also der D. V. N. und der E. H. N. ausschließlich aus dem konstanten Gewebeabbau herkommen, sind durch den Nachweis eines „metabolic pool“ wohl nicht mehr aufrecht zu erhalten. Der intensive Austausch von Stickstoff zwischen den Aminosäuren des Zellstoffwechsels und den aus der Nahrung stammenden in diesem „Sammelbecken“ macht es möglich, daß die im „Erhaltungs-“ oder gar „Hungerzustand“ ausgeschiedenen N-Verbindungen durch Zufuhr von Nahrungstickstoffverbindungen eine mengenmäßige Änderung erfahren, die es nicht erlaubt, die im Vor- oder Parallelversuch ermittelte „Erhaltungsbilanz“ in die Wertermittlungsberechnung mit einzubeziehen. Müller und Hötzel (17) gehen daher bei ihren Untersuchungen von der richtigen Annahme aus, daß „Erhaltungs“- und „Leistungsstoffwechsel“ untrennbar sind und wählen

als Maßstab ihrer Wertigkeitsermittlungen den tatsächlichen „N-Ansatz, der sich nach Abzug des de facto in Harn und Kot ausgeschiedenen N vom Futter-N als realisierter Stickstoffgewinn des Organismus ergibt“. Sie bezeichnen diesen Wert als „produktiven Eiweißnutzwert (P. E. W.)“, er errechnet sich nach der Formel:

$$\text{P. E. W.} = \frac{\text{N-Aufnahme} - \text{Kot-N} - \text{Harn-N}}{\text{N-Aufnahme}} \times 100$$

Eine Trennung von Kot und Harn ist für die Feststellung des P. E. W. nicht erforderlich. Mit dem P. E. W. sollte ein Rohprotein-Beurteilungsmaßstab geschaffen werden, der den Anforderungen der Fütterungspraxis besser entspricht. Er gibt Auskunft über den Wert eines Nahrungsproteins für die **Produktion** von körpereigenem Protein (N-Ansatz).

Nun nimmt aber mit zunehmendem Alter der Zuwachs an retiniertem N ab, es wird dann aber auch der P. E. W., wenn er für das gleiche Rohprotein in verschiedenen aufeinander folgenden Wachstumsabschnitten beim gleichen Tier geprüft wird, immer kleiner werden, bis er im Zustande des Ausgewachsenseins gleich Null ist. Da jedoch auch ein erwachsenes Tier eine gewisse Leistung erbringen muß, nämlich den Einbau von stickstoffhaltigen Nahrungsbestandteilen, als Ersatz für die tatsächlich ausgeschiedenen, erscheint die ausschließliche Berücksichtigung der Produktion (N-Ansatz) nicht geeignet als Maßstab für eine allgemeine Nahrungswertermittlung von Futtermittelrohproteinen.

Wertvoll ist aber die Feststellung des P. E. W. bei der Prüfung der Auswirkung von Futtermittelzusätzen (z. B. Aminosäuren) auf die N-Retention bei wachsenden Tieren. Hier gibt der P. E. W., der ja einen Ausdruck für eine einfache N-Bilanz darstellt, also sowohl die Verdaulichkeit wie auch den „Erhaltung“- und „Produktionsstoffwechsel“ umschließt, Auskunft darüber, ob und in welchem Ausmaß die zu prüfende Substanz einen Einfluß auf den N-Ansatz im Vergleich zur Diät ohne Zusatz ausgeübt hat.

Zwei grundsätzliche Probleme, die für alle Arten der Nahrungswertermittlung von Futtermittelrohproteinen Gültigkeit haben, bedürfen hier der Diskussion. Wie Br ü g g e m a n n und D r e p p e r (18, 19, 20, 21) wiederholt betont haben, ist es für die Fütterungspraxis erforderlich, daß sich Wertigkeitsuntersuchungen mit Hilfe von Tierexperimenten in erster Linie auf Gesamtrationen erstrecken. Nimmt man einmal an, daß es tatsächlich möglich ist, Rohproteine in Futtermitteln auf ihre Wertigkeit zu untersuchen, so sollten sich diese Beurteilungen also nicht auf Einzelkomponenten, sondern auf Gesamtrationen erstrecken. Die Feststellung der Wertigkeit von Rohproteinen in Einzelkomponenten ist nur von bedingtem Wert, denn es lassen sich aus diesen Beurteilungen keine Aussagen vornehmen über die Gesamtrohproteinwertigkeit von Kombinationen der einzelnen Bestandteile, wie sie ja praktisch immer in einer Ration vorliegen. Eine Vielzahl von Faktoren, die in dem aus den einzelnen Rohproteinen der Komponenten zusammengesetzten Rationsrohprotein begründet sind (20), wirken so auf die Wertigkeit ein, daß das arithmetische Mittel aus allen Werten sowohl über- als auch unterschritten werden kann.

Das zweite Problem ist das folgende:

Für die Untersuchungen der Biologischen Wertigkeit und der Net Protein Utilization gilt die Voraussetzung, daß für die Erlangung von vergleichbaren Werten bei der Durchführung von Wertbeurteilungen von Futtermittelrohproteinen die einzige Variable in den Diäten das Rohprotein ist. Alle anderen Komponenten sollten weitestgehend gleichgehalten werden, da bei ihrer Veränderung ein andersartiger Einfluß auf die Verwertbarkeit der N-haltigen Komponenten ausgeübt wird. Bei der Prüfung von Futtermitteln mit hohen Rohproteingehalten ist diese Forderung relativ leicht zu erfüllen, weil hier

(bei der für den Tierversuch erforderlichen geringen Rohproteinkonzentration von 8—10% im Versuchsfutter) nur eine geringe Menge stickstofffreier Substanzen gegen einen Teil der Standarddiät ausgetauscht zu werden braucht. Ist dagegen, wie häufig bei Gesamtrationen, der Rohproteingehalt gering, so besteht oft bei Untersuchungen über die Wertigkeit des Rohproteins dieser Diäten die an die Versuchstiere verabfolgte „Standardration“ zu 50% und mehr aus stickstofffreien Substanzen, die mit dem zu prüfenden Rohprotein zur Erreichung der notwendigen Konzentration eingebracht werden mußten, die also genau genommen gar nicht verabreicht werden dürften und bei verschiedenen Rationen unterschiedlich sind. Damit variieren von Ration zu Ration die Einflüsse, die auf die Verwertbarkeit des jeweiligen Rohproteins einwirken. Andererseits erscheint es wahrscheinlich, daß verschiedenartige Rohproteine zu ihrer Verarbeitung (Verdauung, Resorption, Aufbau zu körpereigenem Protein) auch unterschiedliche „Verzahnungen“ in der Ration benötigen, also andersartige ggf. auch anders konzentrierte N-freie Nährstoffe, Wirkstoffe etc. erfordern. Es liegen demnach bei der Wertermittlung von Futtermittelrohproteinen mit Hilfe von Tierversuchen Verhältnisse vor, die einen Vergleich von Rohproteinwertigkeiten unterschiedlich zusammengesetzter Rationen und auch verschiedenartiger Einzelkomponenten nur unter großen Vorbehalten zulassen.

Die Forderung der gleichartigen Diätzusammensetzung gilt für die Bestimmungen der B. W. und der N. P. U., weil die Resultate nach diesen Methoden absolute Wertmaßstäbe darstellen sollen (Bildung oder Ersatz von x g Körper-N aus 100 g resorbiertem [B. W.] bzw. insgesamt aufgenommenem [N. P. U.] Futter-N). Versuchstechnisch lassen sich mit diesen Methoden sehr gut Einzelkomponenten mit hohem Gehalt an Rohprotein untersuchen. Auch der P. E. W. ist zur Untersuchung von Rohproteinwertigkeiten in Futtermitteln mit hohem Rohproteingehalt geeignet. Für Wertermittlungen des Rohproteins von Gesamtrationen scheint dagegen eine modifizierte Methode zur P. E. W.-Bestimmung, die auch von Müller und Hötzel (17) vorgeschlagen wurde, besser geeignet zu sein. Nach diesem Verfahren soll der P. E. W. einer zu prüfenden Ration bezogen werden auf den P. E. W. einer Vergleichskost. Dieser Vorschlag erlaubt es offenbar, daß die Versuchsdiäten unterschiedlich zusammengesetzt sind. Auch die Rohproteinkonzentrationen in den zu prüfenden Rationen brauchen wohl nicht korrigiert zu werden, denn das Ziel der Versuche ist es lediglich, festzustellen, ein wie hoher N-Ansatz mit dem zu prüfenden Futter im Vergleich zum Standardfutter erzielt wird. Damit wären die Nachteile, die den Bestimmungen der B. W. und der N. P. U. durch Trennung des „Erhaltungsstoffwechsels“ vom „Leistungsstoffwechsel“ und durch unterschiedliche Diätzusammensetzung bei „absolutem“ Wertmaßstab anhaften, beseitigt. Die Versuche lassen sich auch über längere Zeiträume ausdehnen, da keine Veränderungen des D. V. N. oder E. H. N. (B. W.) bzw. kein Eingehen der mit proteinarmer Kost gefütterten Gruppen (N. P. U.) zu befürchten sind. Vorbedingung für derartige Untersuchungen scheint aber auch hier zu sein, daß immer vergleichbare Wachstumsabschnitte, z. B. zwischen 50 und 100 g bei Ratten, gewählt werden.

Nach Brüggemann und Drepper (22) ist nun aber eine tatsächliche Untersuchung von Rohproteinwertigkeiten in Gesamtrationen und einzelnen Komponenten mit keiner der bisher bekannten Methoden möglich wegen der Beeinflussung durch andere nicht dem Rohprotein zuzurechnende Inhaltsstoffe in der Ration. Damit ist der Wert von Rohproteinbeurteilungen mit Hilfe von Tierversuchen überhaupt in Frage gestellt. Es erscheint rückblickend sonderbar, daß gerade für das Rohprotein der Versuch unternommen wurde, einen Futterwert zu ermitteln. Für andere Nährstoffgruppen, etwa die Kohlehydrate, die Fette oder andere Inhaltsstoffe, wie etwa die Gruppe der Mineralien, Vitamine o. ä. liegen derartige Versuche nicht vor, weil

man sich von vorn herein darüber im Klaren war, daß diese Gruppen nicht isoliert von den anderen Futterinhaltsstoffen beurteilt werden können. Es gilt jedoch, wie oben ausgeführt, auch für das Rohprotein, daß es nicht getrennt von den anderen Futterinhaltsstoffen in seinem Wert bestimmt werden kann. Daher verschieben sich die Untersuchungen über die Rohproteinwertigkeit immer mehr auf das Gebiet der Untersuchungen über die Wirksamkeit eines Gesamtfutters auf den Tierkörper. Entsprechende Vorschläge dazu wurde vor kurzem von Br ü g g e m a n n , D r e p p e r und B a r t h (23) mitgeteilt.

Bei der Durchführung vorliegender Arbeit waren die vorstehend beschriebenen Untersuchungen (16, 21, 22) noch nicht bekannt. In eigenen Versuchen sollte festgestellt werden:

1. ob die durch die Methode von B e n d e r und M i l l e r (7, 8, 9) zur Feststellung der N. P. U. erhaltenen Werte übereinstimmen mit denjenigen, die nach der klassischen N-Bilanzmethode von M i t c h e l l (11) ermittelt werden.
2. sollte geprüft werden, ob die durch die Körper-N-Analyse bzw. durch Errechnung aus dem Wassergehalt der Tiere festgestellten N-Retentionen die gleichen Ergebnisse erbringen, wie diejenigen, die durch die Differenz zwischen N-Einnahme und N-Ausscheidung gefunden werden.
3. war zu untersuchen, ob bei mit Aureomycin gefütterten wachsenden Ratten entsprechend den erwarteten höheren Gewichtszunahmen ein höherer N-Ansatz erfolgt.

B. Eigene Versuche

(Versuchsdurchführung 1955)

I. Allgemeine Versuchstechnik

1. TIERMATERIAL

Alle verwendeten Ratten stammten aus einer seit Jahren ingezüchteten Rasse, wobei durch Auswahl ein möglichst in Gewicht, Größe und Gesundheit gleichwertiges Material verwendet wurde. Es kamen nur männliche Tiere zum Versuch, deren Gewicht bei Beginn zwischen 30 und 39 g schwankte.

2. KÄFIGE UND FUTTERGERÄTE

A) BILANZKÄFIGE

Für die Tiere, deren Ausscheidungen untersucht werden sollten, kamen nach dem System von C o l u m b u s (24) oben und unten offene Bilanzkäfige zur Verwendung. Diese bestehen aus Plexiglas und haben die Maße: $20,5 \times 20 \times 14$ cm. Die Käfige werden in ebenfalls aus Plexiglas gefertigte, schrägwandige, den Maßen der Bilanzkäfige entsprechende Unterlagen gelegt, die an der tiefsten Stelle in einen röhrenartigen Zapfen münden. Der Boden der Käfige enthält ein weitmaschiges Laufgitter. In die Unterlagen, die zum Auffangen der Exkremente bestimmt sind, wird Fliegendraht eingelegt, um das Durchgleiten des Kotes zu verhindern. Durch die zentral an der tiefsten Stelle gelegene Öffnung der Unterlagen kann der Harn in einen Meßzylinder abtropfen. An den Bilanzkäfigen waren Futterröhren befestigt (27 cm lang), an deren Ende sich das Futter befand. Dadurch waren die Ratten gezwungen, zur Futteraufnahme aus ihrem Käfig eine gewisse Strecke abwärts zu kriechen. Sie konnten nur rückwärts wieder in ihren Käfig gelangen. Es wurde damit die Verschleppung von Futterteilchen in das Innere des Käfigs vermieden. Nur durch diese Anordnung konnte die genaue Trennung von Harn, Kot und Futter weitgehend garantiert werden.



B) EIMERKÄFIGE

Die Kontrolltiere, bei denen die N-Bestimmung in Kot und Harn nicht erforderlich war, wurden in Eimer verbracht, deren obere Öffnungen durch Maschendraht verschlossen waren. Die Futterbehälter bestanden aus runden Plexiglasdosen, aus deren abschraubbarem Deckel ein Loch zur Futteraufnahme ausgestanzt worden war. Die Behälter wurden auf den auf dem Eimergrunde liegenden Laufgittern befestigt.

C) WASSERBEHÄLTER

Als Wasserbehälter dienten Trinkblasen, die eine Versorgung ad libitum zuließen.

3. MILIEU

Die Tiere wurden in einem Raum mit Temperaturen von 23—25° C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 59—60% gehalten.

4. TOTEN DER TIERE

Getötet wurden die Tiere durch Äther, um jeden Substanzverlust zu vermeiden.

5. SAMMELN DER EXKREMENTE, N-BESTIMMUNGEN IN DEN AUSSCHIEDUNGEN, DEM FUTTER UND DEN RATTEN

A) HARN

Der Harn tropft beim Ausscheiden durch den Maschendraht in die trichterförmige Bilanzkäfig-Unterlage, die vor Beginn des Versuches mit verdünnter Schwefelsäure ausgespült wurde. Er wird in einem Meßzylinder aufgefangen, der 2 ccm 5%ige Schwefelsäure enthielt, um ein Entweichen von Ammoniak zu vermeiden. Nach Beendigung des Versuches wurde der an der trichterförmigen Unterlage haftende Harn quantitativ in den Harnzylinder gespült. Der gesammelte Harn der 7-tägigen Stoffwechselperiode (von Tier zu Tier unterschiedlich 15—35 ml) wurde mit verdünnter Schwefelsäure auf 100 ccm aufgefüllt. Hiervon kamen nach guter Durchmischung jeweils 10 ccm (Doppelbestimmung) zur Stickstoffbestimmung nach Kjeldahl. Das arithmetische Mittel der Ergebnisse ist in Tabelle I angegeben.

B) KOT

Nach jeder Stoffwechselperiode (7 Tage) wurde der Kot vom Kotgitter gestreift und etwa noch anhaftende Kotteilchen quantitativ vom Laufgitter entfernt, gesammelt und gewogen (in 7 Tagen meist ca. 10—20 g). Nach Trocknung im Trockenschrank bei 105° C (24 Stunden) wurde der Kot der einzelnen Tiere abermals gewogen und dreimal je 1 g der Trockensubstanz nach weitgehender Homogenisierung in einem Mörser mit 96%iger Schwefelsäure vollständig verascht. Der Durchschnitt der Ergebnisse wurde auf das Gesamt-trockengewicht bezogen (Tabelle II).

C) RATTEN

Am Ende des Versuches wurden die Ratten gewogen, getötet und nach Öffnung der Körperhöhlen solange in einen Trockenschrank bei 105° C gelegt, bis keine Gewichtsveränderung mehr verzeichnet werden konnte. Das Trockengewicht wurde vermerkt. Darauf wurden die Tiere in einem Mörser zerkleinert, Haut und Haare ggf. mit der Schere zerschnitten. Dieses Gemisch wurde in einer Kugelmühle 2—3 Stunden zerkleinert, worauf es gründlich manuell durchmischt wurde. Bei gründlicher Anwendung dieses Verfahrens erhielt man eine weitgehend homogene Substanz. Von ihr wurden dreimal je 2 g in konzentrierter Schwefelsäure verascht, deren N nach Kjeldahl bestimmt und auf den N-Gehalt des Gesamt-tieres umgerechnet.

6. DIE VERSUCHSDIÄT

A) BESTANDTEILE

Es wurde eine rohproteinreiche (Institutsbezeichnung: Grün V) und eine rohproteinarme Futterzusammensetzung gewählt. Die Futterzusammensetzung der Rationen war wie folgt:

1. Rohproteinreiche Diät (Grün V)

- 45 Teile Weizenschrot
- 30 Teile Maisschrot
- 3 Teile Magermilchpulver
- 5 Teile Luzernegrünmehl
- 2 Teile Mineralstoffmischung DLG III a

Analysierter N
= 1,98%
= 12,38% Rohprotein

2. Proteinarme Kost

- 69,3% Reisstärke
- 10,4% Volleipulver
- 9,0% Saccharose
- 6,3% Speiseöl (Olivenöl)
- 3,0% Vitaminmischung (Citosan)
- 2,0% Mineralstoffmischung (Ramikal)

Analysierter N
= 0,78%
= 4,88% Rohprotein

B) QUANTUM

Es wurden pro Tag und Tier 8 g Futter Grün V, bzw. bei Verfütterung der rohproteinarmen Diät 7,5 g des Futters und 0,5 g des Ols gegeben.

C) MINERALIEN UND VITAMINE

Die verwendete Mineralstoffmischung hatte folgende Zusammensetzung:

- 38,26% Bolus alba
- 17,0% Knochenfuttermehl
- 12,0% phosphorsaurer Futterkalk
- 10,0% CaCl_2
- 10,0% CaCO_3
- 10,0% NaCl
- Spurenelemente

Die verwendete Vitaminmischung hatte folgende Zusammensetzung in g:

- 400 I. E. Vitamin A
- 40 I. E. Vitamin D₃
- 80 mcg Vitamin B₁
- 200 mcg Vitamin B₂
- 800 mcg Niacin
- 200 mcg Pantothenensäure
- 20 mcg Vitamin B₆
- 2 mcg APF / B₁₂

D) KONSISTENZ DER NAHRUNG

Das Futter wurde als Mehl den Tieren zugewogen und mit etwas Wasser angerührt, darauf wurde das Öl pipettiert.

E) ANTIBIOTICUMZUSATZ

Als Antibioticum wurde Aureomycin krist. und zwar pro Tag und Tier 1 mg verwendet. Das Antibioticum wurde zunächst in einer kleinen Futtermenge angemischt und dann sorgfältig dem ganzen Quantum Futter durch intensives Durchmischen beigegeben.

II. Versuche zum Ausschluß von Fehlerquellen

A) TROCKNUNG

Um die Möglichkeit eines N-Verlustes bei der Trocknung der Rattenkörper auszuschließen, wurde folgender Versuch angestellt: Eine Ratte wurde im steifgefrorenen Zustand gewogen, durch den Fleischwolf gedreht und die Masse anschließend im Mörser verrieben. Nun wurden zweimal je 2 g des so gewonnenen Breies sofort verascht, zweimal je 2 g zur Wasserbestimmung verwendet, das Übrige wurde 12 Stunden in den Trockenschrank verbracht (105°C) und anschließend zweimal je 1 g verascht. Sowohl nach Veraschung der ursprünglichen Substanz wie auch nach Veraschung der Trockensubstanz wurde nach Berechnung auf das Gesamtgewicht des Tieres der gleiche N-Gehalt ermittelt. Damit war der Beweis erbracht, daß durch die Trocknung der Tiere bei 105°C im Trockenschrank kein N-Verlust entsteht.

B) ENTWEICHEN VON N ALS NH_3

Eine weitere Möglichkeit des Stickstoffverlustes schien uns das Entweichen von NH_3 während der Versuchsperioden. Deshalb prüften wir in Gaswechselkäfigen, ob mit einem über konz. Schwefelsäure gereinigten Luftstrom, der durch die Käfige geleitet wurde, gasförmige basische Stoffe entweichen (geprüft mit n/4 n Schwefelsäure). Der Versuch wurde mit 2 Ratten, von denen jede in einem Gaswechselkäfig untergebracht war, über einen Zeitraum von 4 Tagen durchgeführt. Die Titrationen ergaben, daß pro Tier und Tag die neutralisierte H_2SO_4 -Menge in der Vorlage 0,92 mg N entspricht. Diese Menge war so gering, daß sie vernachlässigt werden konnte.

III. Hauptversuch

Versuchsplan

Versuchstage	6 Tiere für Hauptversuch	6 Tiere für Hauptversuch	6 Tiere zur Analyse vor Hauptversuch	5 Kontrolltiere	Wägung
1 2 3	Gemeinsam alle Tiere in einem Käfig bei Versuchsfutter Grün V				* * *
4 5	Einzeln in Eimerkäfigen bei Grün V				* *
6 7 8	Einzeln in Eimerkäfigen bei proteinarmer Kost				* *
9 10 11 12 13	Einzeln im Bilanzkäfig bei 8 g proteinarmer Kost/Tier/Tag. Hieraus N-Bilanz zur Bestimmung des DVN und EHN		In Eimerkäfigen einzeln bei proteinarmer Kost	In Eimerkäfigen einzeln bei Futter Grün V	* *
14 15 16	Einzeln in Eimerkäfigen bei Futter Grün V		Einzeln in Eimerkäfigen bei Grün V	Einzeln in Eimerkäfigen bei proteinarmer Kost	* *
17 18 19 20 21 22 23 24	Einzeln im Bilanzkäfig bei 8 g Grün V mit 1 mg Aureomycin/Tag/Tier. Davon N-Bilanz	Einzeln im Bilanzkäfig bei 8 g Grün V ohne Antibioticum. Davon N-Bilanz	Tötung der Tiere	Einzeln im Eimerkäfig bei proteinarmer Kost	* *
25 26 27 28 29 30	Tötung	Tötung		Tötung	*

Beginn am 1. Versuchstag um 12.00 Uhr.

Jeder Versuchstag endete um 12.00 Uhr.

A) VORBEREITENDE VERSUCHSPERIODE

1. MILIEUGEWÖHNUNG

Um die Ratten (30 Tiere) an die gegenüber dem Zuchtstall veränderte Umgebung zu gewöhnen, wurden sie nach Einzelzeichnung und Wiegen 3 Tage lang in einem gemeinsamen Käfig bei Zuchtfutter „Grün V“ gehalten. Das Futter wurde zur freien Aufnahme gegeben. Nach 3 Tagen wurden die Tiere in Einzelkäfige gebracht, um sie an die Einzelhaltung zu gewöhnen, Futter Grün V.

2. EINSTELLUNG AUF PROTEINARMES FUTTER

3 Tage lang wurden alle Tiere mit proteinarmem Futter versorgt, damit eine Umstellung des Körpers möglich wurde.

3. AUSWAHL DER TIERE

Am 9. Tag wurde die Auswahl der Tiere vorgenommen und zwar wurden jeweils 2 Tiere, die sich in der bisherigen Versuchsperiode gleichartig entwickelt hatten, als ein Paar in den Versuch genommen. Insgesamt 6 Paare, also 12 Tiere wurden ausgewählt und in Bilanzkäfige verbracht. 6 weitere Tiere von ähnlicher Konstitution wurden in Eimerkäfigen den Bilanztieren genau parallel behandelt. 5 Tiere wurden als Kontrolltiere in Einzelkäfigen untergebracht.

4. BILANZVERSUCH ZUR BESTIMMUNG DER N-AUSSCHIEDUNG BEI PROTEINARMER KOST

Nach der Methode von Mitchell (11) zur Bestimmung der Biologischen Wertigkeit muß zunächst in einer Vorperiode die N-Ausscheidung, die dem „Erhaltungsstoffwechsel“ entspricht, ermittelt werden. Um nun den endogenen Harn-N und den Darmverlust-N zu bestimmen, wurde während einer 5-tägigen Frist die proteinarme Kost an die 12 ausgewählten Bilanztiere verfüttert und der N aus Harn und Kot analysiert. Im gleichen Zeitraum erhielten die 6 Ratten in den Eimerkäfigen ebenfalls die proteinarme Diät, die übrigen 5 Tiere, die als Gruppe mit proteinarmer Kost zur Bestimmung der N. P. U. vorgesehen waren, wurden mit Grün V-Futter versorgt.

5. ZWISCHENPERIODE ZUR UMSTELLUNG DER BILANZTIERE AUF PROTEINREICHE KOST

Um eine Umstellung des Körpers zu ermöglichen, wurde ab 14. Tag für drei Tage an die Bilanztiere das Futter Grün V verabreicht. Die 6 Tiere in den Eimerkäfigen bekamen das gleiche Futter, um sie unter den gleichen Bedingungen zu belassen. An die 5 Kontrolltiere, die während der vorhergehenden 5 Tage zur Kräftigung „Grün V“ bekommen hatten, wurde in diesem Zeitabschnitt die proteinarme Kost gegeben, weil der N-Ansatz dieser Tiere in dem folgenden Hauptversuch bei diesem Futter geprüft werden sollte.

B) HAUPTVERSUCH

1. Die 6 Tiere in den Eimerkäfigen, die bisher den gleichen Bedingungen ausgesetzt waren wie die Bilanztiere, wurden jetzt gewogen, getötet und in ihnen der Stickstoff- und Wassergehalt ermittelt. Die 5 Kontrolltiere, die inzwischen auf proteinarme Kost umgestellt waren, bekamen von jetzt an während der ganzen folgenden Versuchsdauer 8 g dieses Futters/Tier/Tag. Jeweils ein Paarling der 6 Bilanztierpaare erhielt „Grün V“ ohne Zusatz von Antibioticum, den anderen 6 Paarlingen wurde das gleiche Futter gegeben, es enthielt jedoch in der Tagesmenge (8 g) 1mg Aureomycin krist.

2. Nach den ersten 7 Tagen wurden alle Tiere gewogen. Die Exkremente der Bilanztiere wurden auf ihren N-Gehalt analysiert und die je Tier aufgenommene Futtermenge festgestellt.

3. Nach weiteren 6 Tagen, in denen keine Änderung der Versuchsanordnung vorgenommen worden war, wurden wiederum die Exkremente auf ihren N-Gehalt untersucht und die aufgenommene Futtermenge festgestellt.
4. Nach diesen insgesamt 13 Tagen wurden alle Tiere, also 12 Versuchs- und 5 Kontrolltiere getötet. Der Wassergehalt wurde in jedem Tier durch Wiegen vor und nach der Trocknung bestimmt. Außerdem wurde der N-Gehalt der Tierkörper nach Trocknung und Homogenisation bestimmt.

C. Ergebnisse

Zu Beginn des Hauptversuches wurden 6 Tiere getötet, um festzustellen, welches Verhältnis von N : H₂O und N : Körpergewicht in ihnen vorliegt. Es ergaben sich folgende Faktoren aus den Durchschnittswerten:

Gesamt-Körper-N in g = H₂O in g $\times$ 0,356

Gesamt-Körper-N in g = Gewicht des Tieres $\times$ 0,0242.

In der folgenden Tabelle sind die durch Analysen aus dem 13-tägigen Hauptversuch gewonnenen Gesamtergebnisse dargestellt.

Tabelle I

	N ^o des Tieres	Gewicht der Tiere		Gewichtszunahme in g	EHN in g umgerechnet auf 13 Tage	DVN in g	Kot-N in g	Harn-N in g	N-Ein- nahme in g	Körper-N zunahme in g Körper- N-Anal.
		am Anfang in g	am Ende in g							
Kontroll- tiere (4,5% Volleiroh- protein	1	61,25	58,50	- 2,75					0,8115	- 0,050
	2	61,00	75,25	14,25					0,8115	0,217
	3	55,00	58,00	3,00					0,8115	0,163
	4	56,00	55,25	- 0,75					0,7820	0,083
	5	61,00	70,75	9,75					0,8115	0,127
	Ø	58,85	63,55	4,70					0,8050	0,175
Vergleichs- gruppe Grün V- Futter ohne Aureo- mycin	6	43,00	60,00	17,50	0,153	0,143	0,610	0,693	2,061	
	7	45,75	57,00	11,25	0,172	0,616	0,701	0,538	2,061	
	8	51,00	65,00	14,00	0,152	0,167	0,724	0,339	1,942	
	9	40,25	52,00	11,75	0,203	0,145	0,723	0,498	2,061	
	10	49,75	58,00	8,50	0,166	0,168	0,581	0,338	2,061	
	11	38,75	51,00	12,25	0,172	0,122	0,621	0,458	1,951	
	Ø	44,88	56,83	12,54	0,170	0,151	0,660	0,477	2,023	
Vergleichs- gruppe Grün V- Futter mit 1 mg Aureomy- cin pro Tier und Tag	12	44,75	58,00	13,25	0,212	0,177	0,696	0,351	2,061	
	13	46,25	58,00	11,75	0,249	0,287	0,754	0,441	2,061	
	14	52,75	61,50	8,75	0,164	0,158	0,580	0,653	2,061	
	15	44,25	61,50	17,25	0,137	0,082	0,831	0,184	2,061	
	16	48,50	66,25	17,75	0,159	0,240	0,603	0,650	2,061	
	17	56,00	67,00	11,05	0,101	0,213	0,694	0,430	2,061	
	Ø	48,75	62,04	13,30	0,170	0,193	0,693	0,452	2,061	

E. H. N. = Stickstoffausscheidung durch den Harn bei N-armer Kost (4,5% Volleirohprotein) berechnet auf 13 Tage.

D. V. N. = Stickstoffausscheidung durch den Kot bei N-armer Kost (4,5% Volleirohprotein) berechnet auf 13 Tage.

Körper-N-Zunahme = Berechnung des N-Gehaltes am Anfang des Hauptversuches nach der Formel:

Gesamt-Körper-N = Gewicht des Tieres $\times$ 0,0242.

Der Körper-N-Gehalt am Ende des Versuches wurde durch Kjeldahlanalyse des Rattenkörpers ermittelt.

Die am Ende des Hauptversuches getöteten und analysierten 17 Ratten ergaben folgende Faktoren zur Berechnung des Gesamt-Körper-N:

Gesamt-Körper-N in g = H₂O in g $\times$ 0,0366

Gesamt-Körper-N in g = Gewicht des Tieres in g $\times$ 0,0262.

Aus den in der Tabelle II angegebenen Daten wurden folgende Ergebnisse für die Wertigkeit des Rohproteins errechnet (Versuchsdauer 14 Tage):

Tabelle II

	Nr. der Tiere	Biologische Wertigkeit	Wahre Verdaulichkeit	BW $\times$ WV = NPU nach Mitchell	NPU (nach Bender) Körper-N-Analyse	NPU (nach Bender) N/H ₂ O-Verhältnis
Vergleichsgruppe	6	66,0	77,6	51,0	52,8	56,0
Grün V	7	75,6	74,0	56,2	59,0	49,9
ohne	8	86,3	71,2	61,4	56,2	53,9
Aureomycin	9	79,8	72,2	57,7	49,2	44,4
	10	89,4	80,0	71,6	55,3	42,5
	11	80,3	74,5	59,7	56,0	51,7
	ϕ	79,5	74,9	59,6	54,9	49,7
Vergleichsgruppe	12	90,8	75,0	67,7	53,6	57,0
Grün V	13	88,2	77,5	68,2	53,2	47,8
mit 1 mg	14	70,4	79,5	55,4	58,5	54,3
Aureomycin	15	96,4	63,7	61,3	52,0	60,4
pro Tag und Tier	16	70,6	81,0	57,1	66,4	55,6
	17	79,0	76,8	60,0	57,4	42,3
	ϕ	82,56	75,6	61,6	56,9	52,9

Eine der Aufgaben der durchgeführten Arbeit war es, festzustellen, wie weit evtl. festgestellte höhere Gewichtszunahmen bzw. verbesserte Wertigkeiten des Nahrungsrohproteins bei den mit Aureomycin versorgten Ratten in einem höheren N-Ansatz zum Ausdruck kommen.

Aus den in Tabelle I angeführten Ergebnissen lassen sich folgende N-Retentionen berechnen:

Tabelle III

	Nr. des Tieres	Ges.-N-Einnahme- Ges.-N-Ausgabe in g	Körper-N am Ende — Körper-N am Anfang in g	Durch Körper-N- Analyse weniger gef. N- Retention in % d. N-Bilanz	Retinierter N in g (N-Bilanz) pro g aufgenommener N $\times 100$	Retinierter N in g (Körper-N-Ana- lyse) pro g aufg. N $\times 100$
Vergleichsgruppe Grün V ohne Aureomycin	6	0,757	0,455	39,9	36,7	22,2
	7	0,821	0,586	29,0	39,9	28,6
	8	0,878	0,461	45,5	42,6	22,4
	9	0,839	0,382	54,5	40,7	18,6
	10	1,141	0,509	55,4	55,7	24,7
	11	0,871	0,462	47,0	42,4	22,3
	$\emptyset$	0,8845	0,477	45,22	43,00	23,13
Vergleichsgruppe Grün V mit 1 mg Aureomycin pro Tier und Tag	12	1,013	0,474	53,3	49,7	23,2
	13	0,865	0,463	46,5	42,4	22,4
	14	0,827	0,575	30,7	40,2	28,1
	15	1,081	0,442	55,3	52,8	21,6
	16	0,807	0,735	8,9	39,4	35,7
	17	0,937	0,553	53,7	45,6	26,9
	$\emptyset$	0,9216	0,540	41,6	45,01	26,31

D. Diskussion

Für die Bestimmung der Net Protein Utilization ist es erforderlich, den N-Gehalt der Versuchstiere zu Beginn des Hauptversuches zu berechnen. Die zur Ermittlung des Umrechnungsfaktors zu Beginn des Versuchs getöteten 6 Tiere ergaben, daß zur Berechnung des Gesamt-Körper-N in g das Gewicht der Einzeltiere mit 0,0242 multipliziert werden muß (1 g Körpergewicht entsprach im Durchschnitt 0,0242 g N). Dieser Faktor liegt etwas tiefer als der von Drepper (12) angegebene (0,0258), auch die von Rössner (25) (0,0268), Nehring (6) (0,0281) und Landis (26) (0,0294) mitgeteilten Faktoren liegen über den eigenen Werten.

Es fand für die Berechnung der N-Gehalte in den Versuchstieren zu Beginn des Versuches der eigene Faktor Verwendung. Der am Ende des Hauptversuches bei der Tötung aller Tiere ermittelte Faktor Gesamt-Körper-N in g = Gewicht des Tieres $\times$ 0,0262 nähert sich denen von Drepper (l. c.) und Rössner (l. c.).

Die von Bender und Miller (7) mitgeteilten Ergebnisse zeigen an, daß nicht so sehr eine gesetzmäßige Abhängigkeit des N-Gehaltes vom Körpergewicht besteht, sondern vielmehr eine enge Relation zwischen dem Wassergehalt und dem N-Gehalt im Tier. Es wurde daher zur Überprüfung dieser Angaben bei allen getöteten Tieren sowohl der Wassergehalt als auch der N-Gehalt analytisch ermittelt.

Der aus den zu Anfang des Versuches getöteten Tiere ermittelte Umrechnungsfaktor: Gesamt-Körper-N in g = H_2O in g $\times$ 0,356 liegt nur wenig unter dem der am Ende des Versuches analysierten Tiere (0,0366). Insgesamt liegen diese Faktoren aber unter dem von Drepper (l. c.), der 0,03951 angibt und Rössner (l. c.), von dem 0,0379 gefunden wurde. Landis (l. c.) gibt einen extrem hohen Faktor von 0,0444 zur Berechnung des Körper-N aus dem Wassergehalt an.

Bender und Miller (7, 8, 9) führen in ihren grundlegenden Arbeiten keine Einzelergebnisse an, so daß aus ihren Ergebnissen weder die Faktoren für die Berechnung des Gesamt-Körper-N aus dem Körper-Gewicht noch aus dem Wassergehalt nachgerechnet werden konnten. Diese Autoren glauben, daß eine Berechnung des Gesamt-Körper-N in g nur aus dem Wassergehalt unter Berücksichtigung des Alters erfolgen kann. Sie geben dazu für Ratten im Alter von 33—57 Tagen folgende Formel an:

$$\text{Gesamt-Körper-N in g} = \frac{(2,92 + 0,024 \cdot \text{Alter in Tagen}) \cdot H_2O \text{ in g}}{100}$$

Über einen längeren Lebensabschnitt gemessen (14—100 Tage) fanden sie die Formel:

$$\text{Log} \left(4,8 \frac{N}{H_2O} \text{ in } \% \right) = 0,437 - 0,0123 \cdot \text{Alter in Tagen.}$$

Drepper (12) konnte diese 1. Formel nicht ganz bestätigen, er fand:

$$\text{Gesamt-Körper-N in g} = \frac{(2,176 + 0,0335 \cdot \text{Alter in Tagen}) \cdot H_2O \text{ in g}}{100}$$

glaubt aber, daß die Einbeziehung des Alters entfallen kann und berechnet den N-Gehalt der Tiere mit den o. a. Faktoren aus dem Gewicht der Tiere (zu Beginn des Versuches als Analogieschluß aus den getöteten Tieren) bzw. aus dem Wassergehalt (am Ende des Versuches). Es wurde in der vorliegenden Arbeit nach den gleichen Grundsätzen verfahren.

Nach Abschluß der vorstehend veröffentlichten Arbeit wurde bekannt, daß andere Autoren (Nehring [27], Columbus [24]) bei einer nur 7-tägigen Entnahme und Aufarbeitung von Harn und Kot größere N-Verluste, offenbar durch gasförmiges Entweichen, festgestellt haben. Diese Befunde stehen nicht im Einklang mit den eigenen Ergebnissen, doch dürfte es sich für weitere Untersuchungen empfehlen, die N-Verlustfrage bei längerem Belassen in den Sammelbehältern und beim Trocknen (Kot) erneut zu überprüfen.

Die Durchschnittsergebnisse der N-Einnahmen, N-Ausgaben sowie der Körper-N- bzw. Gewichtszunahmen stehen in guter Übereinstimmung mit den Daten der Literatur.

Vergleicht man die nach den verschiedenen Methoden errechneten Ergebnisse für die Wertigkeit, so kann festgestellt werden, daß nach allen Verfahren durchschnittlich eine geringgradige Erhöhung der N. P. U. bzw. B. W. bei der Gruppe, die eine Aureomycinzulage erhielt, gefunden wurde. Die Übereinstimmung der N. P. U.-Werte nach Bender (l. c.) mit denen nach Mitchell (l. c.) ist nicht sehr gut. Eine Begründung dafür kann nicht angegeben werden. Willmer (28) und Drepper (12) haben in ihren Untersuchungen demgegenüber sehr gut korrespondierende Ergebnisse für ein und dasselbe Rohprotein nach den verschiedenen Methoden (ermittelt am gleichen Tiermaterial) gefunden. Die in Tabelle I angegebenen Gewichtszunahmen zeigen bei den mit Aureomycin gefütterten Ratten eine Mehrgewichtszunahme von 6%. Dieser erhöhte Gewichtszuwachs drückt sich auch in den in Tabelle III angegebenen höheren N-Retentionen bei der Versuchsgruppe aus. Es handelt sich also bei den Mehrzunahmen um einen echten Zuwachs, d. h. es liegt ein zusätzlicher N-Ansatz vor. Die Ergebnisse sind jedoch hier wie auch beim Körper-Gewichts-Vergleich nicht signifikant. Die bisher in der Literatur vorliegenden Versuche über das Problem, ob die in zahlreichen Veröffentlichungen festgestellten Wachstumssteigerungen der Antibiotica eine echte Mehrzunahme darstellen, widersprechen sich sehr (29, 30, u. a. m.).

Interessant ist es, die nach den verschiedenen Methoden ermittelten N-Retentionen zu vergleichen (vgl. Tabelle III). Es ergibt sich, daß im Durchschnitt aller Tiere die durch direkte Körper-N-Analyse ermittelten Stickstoffansätze wesentlich unter denen liegen, die durch N-Bilanz festgestellt werden. Setzt man den durch N-Bilanz festgestellten retinierten N gleich 100, so beträgt der durch Körper-N-Analyse ermittelte N bei den ohne Aureomycin gefütterten Ratten nur 55% davon. Bei den mit Aureomycin versorgten Tieren wurde im Vergleich mit der N-Bilanz durch Körper-N-Analyse nur 59% gefunden. Es können somit durch die eigenen Ergebnisse die Befunde von Stotz (1, 2, 3, 4), Drepper (5) und Nehring (6) bestätigt werden. Eingehende Diskussionen dieses Problems finden sich bei den genannten Autoren.

Die in Tabelle III aufgeführten Ergebnisse über das Verhältnis von retiniertem N : aufgenommenem N entsprechen, soweit sie sich auf die N-Bilanz beziehen, dem von Müller und Hötzel (17) angegebenen produktiven Eiweißnutzwert (P. E. W.). Auch hier ergibt sich ein erhöhter Wert bei den mit Antibioticum gefütterten Tieren (45 bzw. 26) gegenüber den Kontrolltieren (43 bzw. 23). Die Bedeutung dieses Wertes sowie Vorschläge zu seiner Verbesserung wurden im theoretischen Teil eingehend diskutiert.

E. Zusammenfassung

1. Die im ersten Abschnitt dieser Arbeit angestellten Überlegungen zu den verschiedenen Futterwertermittlungsmethoden von Rohprotein stellen einerseits die Problematik der bei den einzelnen Verfahren verwendeten, analytisch festgestellten Faktoren heraus. Andererseits lassen sie erkennen, daß die mehr oder weniger große Beeinflussung der Rohproteinverwertung durch andere Futtermittelinhaltsstoffe es fraglich erscheinen läßt, ob überhaupt Methoden gefunden werden können, die die Futterwertermittlung einer einzelnen Nährstoffgruppe, des Rohproteins, gestatten. Es erscheint vielmehr richtiger, nach Verfahren zu suchen, die den Futterwert einer Gesamtration in den Vordergrund stellen.
2. Die Versuchsanordnung bei dem durchgeführten Rattenversuch wurde so gewählt, daß es möglich war, am gleichen Tiermaterial gleichzeitig nach verschiedenen Methoden zu prüfen, ob der Zusatz von Aureomycin zum Futter einen Einfluß auf den Stickstoffansatz bzw. die Wertigkeit des Nahrungsrohproteins hat.
3. Die Ergebnisse des Versuches zeigen, daß durch Zusatz von Aureomycin die Gewichtszunahmen, der Stickstoffansatz und die Wertigkeit des Rohproteins gesteigert werden. Eine statistische Sicherung dieser Ergebnisse ist wegen der geringen Zahl der Einzelwerte in den eigenen Versuchen und deren relativ hoher Streuung nicht möglich.
4. Die Ermittlung der Net Protein Utilization nach verschiedenen Methoden (N-Bilanz, Körper-N-Analyse, N/H₂O-Verhältnis) führte zu nicht so gut übereinstimmenden Ergebnissen, wie sie von anderen Autoren gefunden wurden.
5. Die Prüfung des N-Ansatzes mit Hilfe von Körper-N-Analysen ergab in allen Fällen einen geringeren Wert (ca. 40% tiefer) als durch die N-Bilanz.

Literaturverzeichnis

1. Stotz, H.; Rauf, F. B.:
Diss. Kiel 1954.
2. Stotz, H.; Schoel, E.:
Diss. Kiel 1955.
3. Stotz, H.; Kinzel, H.:
Diss. Kiel 1955.
4. Stotz, H.; Fölster, H.:
Diss. Kiel 1956.
5. Drepper, K.:
Naturwiss. **43**, 203 (1956).
6. Nehring, K.:
Biochem. Z. **328**, 549 (1957).
7. Bender, A. E.; Miller, D. S.:
Biochem. J. **53**, VII (1953).
8. Bender, A. E.; Miller, D. S.; Trinnah, E. J.:
Abstracts of Communication II (1953).
9. Miller, D. S.; Bender, A. E.:
Brit. J. Nutr. **9**, 382 (1955).
10. Thomas, K.:
Arch. Anat. u. Physiol. **1909**, 219.
11. Mitchell, H. H.:
J. Biol. Chem. **58**, 873 (1924).
J. Biol. Chem. **60**, 613 (1924).
12. Drepper, K.:
Z. f. Tierern. u. Futtermittelkd. **12**, 27 (1957) und **12**, 88 (1957).
13. Osborne, T. B.; Mendel, L. B.:
J. Biol. Chem. **12**, 473 (1912).
14. Schönheimer, R.:
J. Biol. Chem. **130**, 703 (1939).
J. Biol. Chem. **127**, 333 (1939).
J. Biol. Chem. **144**, 541 (1942).
J. Biol. Chem. **144**, 545 (1942).
15. Rubner, M.:
Arch. f. Hyg. **66**, 1 (1908) u. a.
16. Folin, O.:
Amer. J. Physiol. **13**, 117 (1905) u. a.
17. Müller, R.; Hötzel, P.:
Arch. f. Tierern. **7**, 66 (1957).

18. Br ü g g e m a n n , J o h s . ; D r e p p e r , K . :
Z. physiol. Chem. **289**, 211 (1952).
19. D r e p p e r , K . :
Kraftfutter, Heft 5, 6, 7 (1952).
20. D r e p p e r , K . :
Futter u. Fütterung **66**, 539 (1956).
21. Br ü g g e m a n n , J o h s . :
Fortpflanzung, Zuchthygiene und Haustierbesamung **4**, 1 (1954).
22. Br ü g g e m a n n , J o h s . ; D r e p p e r , K . :
z. Z. im Druck.
23. Br ü g g e m a n n , J o h s . ; D r e p p e r , K . ; B a r t h , K . :
z. Z. im Druck.
24. C o l u m b u s , A . :
Arch. f. Tierern. Beiheft 5, Festschrift Scheunert 146 (1954).
25. R ö s s n e r , W . :
Diss. München 1955.
26. L a n d i s , J . :
Tagung der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie
der Haustiere, 1957.
27. N e h r i n g , K . :
Arch. f. Tierern. Sdbd. 51 (1954).
28. W i l l m e r , J . S . :
Fishing Industry Research Institute, Cape Town,
8 Annual Report, 1. April—31. March 1955.
29. J u k e s , T h . H . :
Medical Encyclopedia, Inc. N. J. 22, 1955.
30. S a x e n a , H . C . ; S t a r r , M . E . ; B l a y l o c k , L . G . ; C a r v e r , J . S . ;
M c G i n n i s , J . :
Arch. Biochem. **44**, 346 (1953).

Am Ende meiner Arbeit ist es mir ein besonderes Anliegen, Herrn Professor Dr. Dr. Johannes Br ü g g e m a n n für die Überlassung des Themas sowie für die ausgezeichneten Arbeitsbedingungen an seinem Institut an dieser Stelle meinen besten Dank auszusprechen.

Herrn Dr. Dr. Kraft D r e p p e r , dem wissenschaftlichen Assistenten, gilt mein ganz besonderer Dank für seine jederzeit gegenwärtige Anteilnahme an vorliegender Arbeit und für bereitwillige und entgegenkommende Hilfeleistung.

Lebenslauf

Ich, Erwald, Adalbert Wolpert, wurde als Sohn des Bürgermeisters Dr. Adalbert Wolpert und seiner Ehefrau Hilde, geb. Eyrich, am 25. 11. 1929 in Rodalben/Pfalz geboren. In Lohr am Main besuchte ich 4 Jahre die Volksschule, 1938 ein Jahr das humanistische Gymnasium in Heidelberg, 1939 ein Jahr die Oberschule Würzburg, um bis zur Reifeprüfung 1949 auf der Oberschule Bad Kissingen zu bleiben. Nach vier Semestern an der juristischen Fakultät der Universität Würzburg studierte ich mit Beginn des Sommersemesters 1952 an der tiermedizinischen Fakultät der Universität München bis zur Beendigung meines veterinärmedizinischen Staatsexamens im Januar 1957.

Mit der vorliegenden Arbeit war ich vom Juli 1955 bis Januar 1956 am Institut für Physiologie und Ernährung der Tiere der Universität München beschäftigt.

